

**DE3331707**

**Publication Title:**

Method and apparatus for reactive vapor deposition of compounds of metal and semi-conductors

**Abstract:**

Method for reactive vapor deposition of compounds of metals and semi-conductors on at least one substrate by glow discharge. Into a space between a magnetron cathode (1) with a target (5) and the substrate (11) an inert gas and a reaction gas for the formation of the desired compound with the target material are separately introduced. To solve the problem of making it possible to maintain the vapor deposition process stable over long time periods, according to the invention, a flow restriction is introduced between the target (5) and the substrate (11) by a diaphragm (20), which amounts to at least 40% of the cross-section of the space. Further, the inert gas is fed between target (5) and aperture (20) at

32a

the periphery of the target. Moreover the reaction gas is fed to the mass flow through a distributor device (21) to one side of the diaphragm (20), and finally a glow discharge is also maintained in the region between diaphragm (20) and substrate (11) by means of an anode (25) exposed to the reaction gas arranged on the other side of the aperture.

-----  
Data supplied from the esp@cenet database - <http://ep.espacenet.com>



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 33 31 707.0  
22 Anmeldetag: 2. 9. 83  
43 Offenlegungstag: 21. 3. 85

51 Int. Cl. 3:  
C 23 C 13/00  
C 23 C 11/00  
C 23 C 13/02  
C 23 C 13/04  
C 23 C 13/08  
C 23 C 15/00

Behördenamt

DE 3331707 A1

71 Anmelder:

Leybold-Heraeus GmbH, 5000 Köln, DE

72 Erfinder:

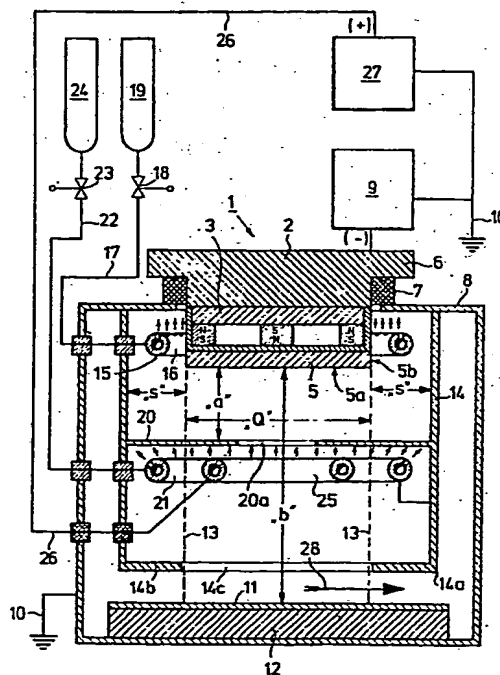
Dietrich, Anton, Dr., 6458 Rodenbach, DE; Hartig, Klaus, Dr., 6451 Ronneburg, DE; Scherer, Michael, Dr., 6451 Rodenbach, DE

56 Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-AS 15 15 287  
DE-OS 31 29 327  
DE-OS 31 12 104  
DE-OS 29 02 142  
DE-OS 28 00 180

54 Verfahren und Vorrichtung zum reaktiven Aufstäuben von Verbindungen von Metallen und Halbleitern

Verfahren zum reaktiven Aufstäuben von Verbindungen von Metallen und Halbleitern auf mindestens ein Substrat durch eine Glimmentladung. In einen Raum, der sich zwischen einer Magnetron-Katode (1) mit einem Target (5) und dem Substrat (11) befindet, werden getrennt ein Edelgas und ein Reaktionsgas für die Bildung der gewünschten Verbindung mit dem Targetmaterial eingeleitet. Zur Lösung der Aufgabe, den Zerstäubungsprozeß langfristig stabil aufrechterhalten zu können, wird erfindungsgemäß zwischen dem Target (5) und dem Substrat (11) durch eine Blende (20) eine Strömungsverengung herbeigeführt, die mindestens 40% des Raumquerschnitts (Q) beträgt. Ferner werden die Edelgase zwischen Target (5) und Blende (20) an der Peripherie des Targets zugeführt. Weiterhin wird das Reaktionsgas dem Stoffstrom durch eine jenseits der Blende (20) liegende Verteileinrichtung (21) zugeführt, und schließlich wird eine Glimmentladung auch im Bereich zwischen Blende (20) und Substrat (11) durch eine jenseits der Blende angeordnete, dem Reaktionsgas ausgesetzte Anode (25) aufrechterhalten.



- \* -

A n s p r ü c h e:

1. Verfahren zum reaktiven Aufstäuben von Verbindungen von Metallen und Halbleitern auf mindestens ein Substrat durch eine Glimmentladung innerhalb eines Raumes, der sich zwischen einer Zerstäubungskatode mit einem Target aus dem Metall bzw. Halbleiter und dem Substrat befindet, unter getrennter Zufuhr eines Edelgases und eines Reaktionsgases für die Bildung der gewünschten Verbindung, wobei das Reaktionsgas dem Stoffstrom auf seinem Wege vom Target zu den Substrat mittels einer Verteileinrichtung in einer Vielzahl von Teilströmen zugeführt wird, und wobei die Glimmentladung durch ein geschlossenes Magnetfeld auf einen Bereich in der Nähe der Targetoberfläche konzentriert wird, dadurch gekennzeichnet, daß
- a) im Raum zwischen dem Target und dem Substrat durch eine Blende eine Strömungsverengung herbeigeführt wird, die mindestens 40 % des Raumquerschnitts beträgt,
- b) das Edelgas diesseit der Blende an der Peripherie des Targets zugeführt wird,
- c) das Reaktionsgas dem Stoffstrom durch eine jenseits der Blende liegende Verteileinrichtung zugeführt wird, und daß
- d) eine Glimmentladung im Bereich zwischen Blende und Substrat durch eine jenseits der Blende angeordnete, dem Reaktionsgas ausgesetzte Anode aufrecht erhalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Verteileinrichtung auf Massepotential  
gehalten wird und daß die Anode an eine Spannung  
gelegt wird, die mindestens +20 Volt über dem  
5 Massepotential liegt.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach  
Anspruch 1, mit einer Magnetronkatode, einem  
metallischen Target, einem Substrathalter, einem  
die Katode umgebenden, in Richtung auf den Sub-  
10 strathalter mit einer Öffnung versehenen, auf  
Massepotential befindlichen Gehäuse, in dem sich  
ein erster Gaseinlaß mit einer Verteileinrichtung  
befindet, dadurch gekennzeichnet, daß

- 15 a) im Gehäuse (14) zwischen Target (5) und  
Öffnung (14c) eine zum Target parallele auf  
Massepotential befindliche Blende (20) mit einem  
Blendenausschnitt (20a) angeordnet ist,
- b) zwischen Blende (20) und Öffnung (14c) außerhalb  
der Projektionsfläche des Blendenausschnitts (20a)  
20 ein zweiter Gaseinlaß (21) mit einer Verteilein-  
richtung angeordnet ist, und daß
- c) zwischen Blende (20) und Öffnung (14c) eine gegen-  
über dem Gehäuse (14) isolierte Anode (25) ange-  
ordnet ist.

25 4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Anode (25) ringförmig geschlossen ausge-  
bildet und außerhalb der Projektionsfläche des  
Blendenausschnitts (20a) angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anode (25) in unmittelbarer Nähe des Randes des Blendenausschnitts (20a), dem Rand folgend, angeordnet ist.
- 5 6. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Target (5) in das Gehäuse (14) vorspringend angeordnet ist, derart, daß zwischen der Katode (1) und dem Gehäuse ein ringförmig geschlossener Raumfortsatz (15) vorhanden ist und daß sich der erste  
10 Gaseinlaß (16) in diesem Raumfortsatz und hinter einer Ebene befindet, in der die Targetoberfläche (5a) liegt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Rechteckkatoden die Querabmessung des Blendenausschnitts (20a) - bei beweglichem Substrat in  
15 Transportrichtung gesehen - dem 0,2- bis 0,8-Fachen des Abstandes der Projektionslinien (13) in gleicher Richtung entspricht.
8. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei runden Katoden der Durchmesser des Blendenausschnitts (20a) dem 0,2- bis 0,8-Fachen des Abstandes der Projektionslinien (13) entspricht.
- 20 9. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand "a" der Blende (20) vom Target (5) etwa ein Drittel des Abstandes "b" des Substrats (11) vom Target (5) entspricht.
- 25

LEYBOLD-HERAEUS G m b H

Bonner Straße 504

D-5000 Köln - 51

---

" Verfahren und Vorrichtung zum reaktiven Auf-  
stäuben von Verbindungen von Metallen und  
Halbleitern "

---

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum reaktiven Auf-  
stäuben von Verbindungen von Metallen und Halbleitern  
auf mindestens ein Substrat durch eine Glimmentladung  
innerhalb eines Raumes, der sich zwischen einer Zer-  
stäubungskatode mit einem Target aus dem Metall bzw.  
5 Halbleiter und dem Substrat befindet, unter Zufuhr eines  
Edelgases und eines Reaktionsgases für die Bildung der  
gewünschten Verbindung, wobei das Reaktionsgas dem  
Stoffstrom auf seinem Wege vom Target zu dem Substrat  
10 mittels einer Verteileinrichtung in einer Vielzahl von  
Teilströmen zugeführt wird, und wobei die Glimment-  
ladung durch ein geschlossenes Magnetfeld auf einen  
Bereich in der Nähe der Targetoberfläche konzentriert  
wird.

- Das reaktive Aufstäuben wird dann angewandt, wenn auf Substraten Verbindungen von Metallen und Halbleitern, beispielsweise Oxide erzeugt werden sollen, die sich in Form dieser Verbindungen nicht oder nur schwer zer-
- 5    stäuben lassen. So läßt sich beispielsweise ein aus Siliziumdioxid bestehendes Target nur mit Hochfrequenz und auch dann nur in geringen Raten zerstäuben, während das Zerstäuben von Silizium mittels Gleichspannung auch mit hohen Raten möglich ist.
- 10   Ähnliche Erfahrungen wurden auch beim Aufstäuben von Schichten aus Aluminiumoxid gemacht. Während es noch außerordentlich schwierig ist, Targetplatten aus  $Al_2O_3$  mit auch nur annähernd brauchbarer Rate zu zerstäuben, läßt sich ein metallisches Target aus Aluminium ohne
- 15   weiteres mit hoher Rate zerstäuben. Dieser Zerstäubungsprozeß kommt allerdings in reaktiver Atmosphäre, d.h. einer sauerstoffhaltigen Gasatmosphäre, allmählich zum Erliegen, weil sich auf der Targetoberfläche elektrisch nicht leitfähiges Aluminiumoxid bildet, das den Aus-
- 20   tritt von Elektronen verhindert. Diese Erfahrungen wurden auch bei anderen Metallen bzw. Halbleitern gemacht, sobald sie in reaktiver Atmosphäre mit Gleichspannung zerstäubt wurden. Derartige Prozesse können auch als instabil bezeichnet werden.
- 25   Durch die Bildung einer Oxidschicht auf der Targetoberfläche kommt es außerdem zu elektrischen Aufladungen, die sich von Zeit zu Zeit auf der Targetoberfläche entladen und so den Zerstäubungsprozeß stören.

Durch die DE-PS 29 02 142 ist es bei einem vergleichbaren Verfahren, bei dem allerdings das Magnetfeld in Bezug auf die Targetoberfläche einen anderen Verlauf hat, bekannt, das Reaktionsgas dem Stoffstrom auf seinem Wege vom Target zum Substrat in einer Vielzahl von Teilströmen zuzuführen. Dies geschieht mittels eines ringförmigen Verteilers, der mit einer Vielzahl von Austrittsbohrungen für das reaktive Gas versehen ist. Mit einem solchen Verfahren bzw. mit einer solchen Vorrichtung läßt sich jedoch die Bildung von isolierenden Reaktionsprodukten auf der Targetoberfläche nicht vermeiden, auch dann nicht, wenn die Verteileinrichtung Teil des Werkstückhalters bzw. Substraträgers ist, in dessen unmittelbarer Umgebung die chemische Reaktion herbeigeführt werden soll. Ganz offensichtlich dringen die Reaktionsgase bis zur Targetoberfläche durch und erzeugen dort die den Zerstäubungsprozeß allmählich zum Erliegen bringende Schicht des Reaktionsproduktes, beispielsweise eine Oxidschicht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art anzugeben, bei dem der Zerstäubungsprozeß trotz laufender Zufuhr reaktiver Gase über lange Zeit stabil aufrechterhalten werden kann und bei dem die Zerstäubungsrate von Targets aus Metallen und Halbleitern erreicht wird.

Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs beschriebenen Verfahren erfindungsgemäß dadurch, daß

- 5 a) im Raum zwischen dem Target und dem Substrat durch eine Blende eine Strömungsverengung herbeigeführt wird, die mindestens 40 % des Raumquerschnitts beträgt,
- b) das Edelgas diesseits der Blende an der Peripherie des Targets zugeführt wird,
- 10 c) das Reaktionsgas dem Stoffstrom durch eine jenseits der Blende liegende Verteileinrichtung zugeführt wird, und daß
- d) eine Glimmentladung im Bereich zwischen Blende und Substrat durch eine jenseits der Blende angeordnete, 15 dem Reaktionsgas ausgesetzte Anode aufrechterhalten wird.

Unter "Raumquerschnitt" ist der Querschnitt desjenigen Raumes zu verstehen, der von den Projektionslinien des Targetrandes auf die Substratebene begrenzt wird.

- 20 Durch die Strömungsverengung wird in Verbindung mit den übrigen erfindungsgemäßen Maßnahmen eine Rückströmung des jenseits der Blende zugeführten Reaktionsgases bis zur Targetoberfläche wirksam verhindert, wobei unterstützend hinzukommt, daß das Edelgas diesseits 25 der Blende, d.h. zwischen Target und Blende zugeführt wird und so gewissermaßen eine durch die Blende intensivierte Gegenströmung erzeugt. Dadurch bleibt ganz

offensichtlich der metallische Zustand der Targetoberfläche bestehen, so daß der Zerstäubungsvorgang über eine praktisch unbegrenzte Zeit unvermindert und mit der ursprünglichen, hohen Zerstäubungsrate fortgesetzt werden kann. So konnte beispielsweise über  
5 viele Stunden bei einer Leistungsdichte von  $12 \text{ W/cm}^2$  eine dynamische Zerstäubungsrate von  $3,6 \text{ nm/sec}$  erreicht werden. Bei einem Verzicht auf die Strömungsverengung durch den Ausbau der Blende sowie bei  
10 einem Verzicht auf die erfindungsgemäß angeordnete Anode, ging die Zerstäubungsrate in kürzester Zeit auf weniger als 10 % des ursprünglichen Wertes, nämlich auf etwa  $0,3 \text{ nm/sec}$  zurück.

Auf der anderen Seite konnte beobachtet werden, daß  
15 ein Teil des Metalls auf der Blende kondensierte, aber selbst unter Berücksichtigung der damit verbunden Materialverluste ist die pro Zeiteinheit auf dem Substrat abgeschiedene Oxidmenge immer noch um den Faktor 7 bis 10 höher, als die ohne Strömungsverengung  
20 und ohne spezielle Anode abgeschiedene Oxidmenge.

Die Dimensionierung der Blende bzw. die notwendige Strömungsverengung läßt sich durch einige einfache Versuche leicht feststellen. Macht man die Strömungsverengung zu stark, so bleibt die Langzeitstabilität  
25 des Zerstäubungsvorganges zwar erhalten, die auf dem Substrat wirksam werdende Zerstäubungsrate, richtiger, die Kondensationsrate, geht jedoch merklich zurück.

Vermindert man von diesem Zustand aus allmählich die Strömungsverengung, so steigt die Kondensationsrate zunächst mit dem Blendendurchmesser oder der Blendebreite etwa linear an, wobei der Anstieg ab einem gewissen Wert stärker zunimmt. Hierbei handelt es sich um den optimalen Wert, denn bei einer noch weiteren Vergrößerung des Blendendurchmessers bzw. der Blendebreite setzt eine Reaktion (Oxidation) an der Targetoberfläche ein, die den Vorgang instabil werden läßt.

10 Im Bereich der vorstehend beschriebenen Übergangsstelle liegt der optimale Bereich der Strömungsverengung.

Es kann dabei angenommen werden, daß unter einer derartigen Bedingung die Blende als eine Art Getterpumpe für das reaktive Gas wirkt und dieses somit von der Targetoberfläche fern hält. Damit war es möglich, den Zerstäubungsvorgang bei einer metallischen Targetoberfläche zu betreiben und dennoch gleichzeitig auf dem Substrat das Reaktionsprodukt mit hoher Rate zu kondensieren. Durch das Zusammenwirken aller Maßnahmen wird also offensichtlich eine Gastrennung hoher Effizienz

erreicht, die das Target schützt und dem Substrat nützt.

- Es spielt dabei auch keine erhebliche Rolle, daß die Blende durch den Kondensationseffekt naturgemäß eine Verschlechterung des Ausnutzungsgrades des Targetmaterials mit sich bringt. Bei relativ billigen Targetmaterialien, die reaktiv sonst nur mit geringen Raten aufgestäubt werden können, überwiegt eindeutig der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens.
- 10 Selbst gegenüber der klassischen Magnetronanordnung mit Hochfrequenzversorgung ergibt sich immer noch eine um den Faktor 2 bis 3 höhere Kondensationsrate, ohne daß man die Nachteile der beim Diodenzerstäuben notwendigen Hochfrequenzversorgung auf sich nehmen müßte.
- 15 Es ist möglich, die Verteileinrichtung für das Reaktionsgas und die Anode als ein Bauteil auszuführen, also beispielsweise die Anode als perforiertes Rohr auszubilden und mit einer Gasquelle für das Reaktionsgas zu verbinden.
- 20 Es ist jedoch gemäß der weiteren Erfindung besonders vorteilhaft, die Funktion von Gasverteiler und Anode zu trennen. Auf diese Weise ist es möglich, die Anode in unmittelbarer Nähe des Blendenrandes anzuordnen, die Verteileinrichtung für das Reaktionsgas aber an
- 25 einer weiter außenliegenden Stelle, so daß das Reaktionsgas in dem Raum zwischen Blende und Substrat gleichmäßiger verteilt werden kann. Dabei wird ganz besonders

zweckmäßig die Anode auf ein Potential gelegt, welches mindestens 20 V über dem Massepotential liegt, während die Verteileinrichtung für das Reaktionsgas auf Massepotential gelegt wird.

- 5 Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer Magnetron-Katode, einem metallischen Target, einem Substrathalter, einem die Katode umgebenden, in Richtung auf den Substrathalter mit einer Öffnung versehenen, auf Massepotential befindlichen Gehäuse, in dem sich ein erster Gaseinlaß mit einer Verteileinrichtung befindet.

15 Zur Lösung der gleichen Aufgabe ist eine derartige Vorrichtung gemäß der weiteren Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß

- a) im Gehäuse zwischen Target und Öffnung eine zum Target parallele, auf Massepotential befindliche Blende mit einem Blendenausschnitt angeordnet ist, b) zwischen Blende und Öffnung außerhalb der Projektionsfläche des Blendenausschnitts ein zweiter Gaseinlaß mit einer Verteileinrichtung angeordnet ist und daß 20 c) zwischen Blende und Öffnung eine gegenüber dem Gehäuse isolierte Anode angeordnet ist.

25 Der erste Gaseinlaß wird dabei mit einer Quelle eines inerten Zerstäubungsgases verbunden, während der zweite Gaseinlaß mit einer Quelle eines reaktiven Gases oder eines

Gasgemischs aus einem Inertgas und einem reaktiven Gas verbunden ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen.

- 5 Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes wird nachfolgend anhand der Figuren 1 und 2 sowie einiger Verfahrensbeispiele näher erläutert.

Es zeigen:

10 Figur 1 einen Querschnitt durch eine vollständige Vorrichtung in schematischer Darstellung mit den zugehörigen Versorgungseinrichtungen, und

Figur 2 eine Unteransicht der Blende an einer Rechteckkatode für die Beschichtung eines laufenden Bandes.

- 15 In Figur 1 ist eine Magnetronkatode 1 dargestellt, die aus einem Katodengrundkörper 2 und einem Magnetsystem mit Permanentmagneten N-S bzw. S-N besteht, deren rückseitige Polflächen durch ein Magnetjoch 3 miteinander verbunden sind. Das Magnetsystem ist in einem wannen- oder topfförmigen Hohlkörper 4 untergebracht, dessen  
20 Rand gas- und flüssigkeitsdicht mit dem Katodengrundkörper 2 verbunden ist. Auf der Vorderseite des Hohl-

körpers 4 befindet sich in gut wärmeleitender Verbindung ein plattenförmiges, metallisches Target 5, welches das Ausgangsmaterial für die niederzuschlagenden Schichten darstellt. Der Katodengrundkörper 2 besitzt einen  
5 flanschförmigen Rand 6, der unter Zwischenschaltung eines ringförmig geschlossenen Isolators 7 unter Zwischenschaltung nicht näher bezeichneter Dichtungen mit der Decke einer Vakuumkammer 8 verbunden ist. Eine derartige Magnetronkatode 1 erzeugt auf der Target-  
10 oberfläche 5a einen in sich geschlossenen Tunnel aus magnetischen Feldlinien, der die Tendenz hat, die beim Betrieb bestehende Glimmentladung auf die Target-  
oberfläche 5a zu konzentrieren. Zur Erzeugung dieser Glimmentladung ist die Magnetronkatode 1 mit einer  
15 Gleichspannungsquelle 9 verbunden, deren Gegenpol ebenso an Masse 10 gelegt ist, wie die Vakuumkammer 8.

An einer der Targetoberfläche 5a gegenüberliegenden Stelle befindet sich im Abstand "b" ein Substrat 11, unter dem ein Substrathalter 12 angeordnet ist. Für  
20 den Fall, daß das Substrat eine zu beschichtende Kunststoff-Folie ist, befindet sich unter dem Substrat eine nicht besonders dargestellte Kühlwalze oder Trommel. In jedem Falle ist auch der Substrathalter auf Massepotential gelegt.

25 Einzelheiten einer derartigen Magnetron-Katode, ihrer Anbringung in einer Vakuumkammer sowie die Halterung

bzw. Führung des Substrats sind jedoch Stand der Technik, so daß sich ein näheres Eingehen hierauf erübrigt.

5 Zwischen dem Target 5 und der Substratebene läßt sich durch die gestrichelt eingezeichneten Projektions-  
linien 13 des Targetrandes 5b ein fiktiver Raum ab-  
grenzen, der für die nachfolgend noch zu erläuternden  
geometrischen Verhältnisse von Bedeutung ist.

10 Die Magnetron-Katode 1 ist im Innern der Vakuumkammer 8 von einem Gehäuse 14 umgeben, dessen Seitenwände zu den Projektionslinien 13 parallel verlaufen. Das Gehäuse 14 hat von der Magnetronkatode allseitig einen Abstand "s", und das Target 5 ist derart vorspringend in dem Gehäuse 14 angeordnet, daß zwischen der Magnetron-Katode und dem  
15 Gehäuse ein ringförmig geschlossener Raumfortsatz 15 gebildet wird. In diesem Raumfortsatz befindet sich hinter einer Ebene, in der die Targetoberfläche 5a verläuft, ein erster Gaseinlaß 16 mit einer Verteileinrichtung, die durch eine Anzahl von nach oben weisenden Perforationen angedeutet ist. Die dadurch entstehende  
20 Strömung ist durch kleine Pfeile angedeutet. Der Gaseinlaß 16 steht über eine Leitung 17 und ein Regelventil 18 mit einer Quelle 19 für ein inertes Zerstäubungsgas (vorzugsweise Argon) in Verbindung.

25 Das Gehäuse 14 liegt ebenso wie die Vakuumkammer 8 auf Massepotential und erstreckt sich bis in die Nähe des Substrats 11. Es ist im Bereich seiner unteren um-

laufenden Kante 14a mit einer Stirnwand 14b versehen, in der sich eine Öffnung 14c befindet. Der Querschnitt dieser Öffnung entspricht im wesentlichen dem sogenannten Raumquerschnitt "Q" zwischen den Projektions-  
5 linien 13. Es ist aber durchaus möglich, den Querschnitt der Öffnung 14c zu vergrößern und beispielsweise die Stirnwand 14b auch wegzulassen.

Innerhalb des Gehäuses 14 befindet sich zwischen dem Target 5 und der Öffnung 14c eine zum Target parallele  
10 Blende 20 mit einem Blendenausschnitt 20a. Die Querschnittsfläche dieses Blendenausschnitts 20a steht nun in einem bestimmten Verhältnis zu dem Raumquerschnitt Q, und zwar soll der Blendenausschnitt nicht größer sein als 60 % des Raumquerschnitts Q, so daß  
15 eine Strömungsverengung herbeigeführt wird, die mindestens 40 % des Raumquerschnitts beträgt. Die geometrischen Verhältnisse außerhalb der Projektionslinien 13 sind verhältnismäßig uninteressant; es ist lediglich erforderlich, daß die Blende 20 auf ihrem  
20 gesamten Umfang gasdicht sowie elektrisch leitend mit dem Gehäuse 14 verbunden ist.

Der Abstand "a" der Blende 20 von der Targetoberfläche 5a soll dabei in etwa ein Drittel des Abstandes "b" zwischen Targetoberfläche 5a und Substrat 11 betragen.

25 Zwischen der Blende 20 und der Öffnung 14c ist außerhalb der Projektionsfläche des Blendenausschnitts 20a

ein zweiter Gaseinlaß 21 mit einer Verteileinrichtung angeordnet, die auch in diesem Fall durch zahlreiche Perforationen gebildet ist. Die Perforationen sind in diesem Fall unter etwa 45 Grad nach außen und oben gerichtet, so daß sich die durch die Pfeile angedeuteten Teilströmungen ausbilden.

Es versteht sich, daß die Verteileinrichtungen beider Gaseinlasse 16 bzw. 21 auch durch sogenannte Ringschlitzdüsen dargestellt werden können, d.h. im Grenzfall wird die Anzahl der Teilströme unendlich, und es wird ein durchgehender Gasschleier bzw. Gasvorhang gebildet.

Der zweite Gaseinlaß 21 ist über eine Leitung 22 und ein Regelventil 23 mit einer Quelle 24 eines reaktiven Gases oder eines Gemischs aus einem reaktiven und einem Inertgas verbunden.

Zwischen der Blende 20 und der Öffnung 14c befindet sich noch eine gegenüber dem Gehäuse 14 isoliert angebrachte Anode 25. Diese Anode ist ringförmig geschlossen ausgebildet und liegt außerhalb der Projektionsfläche des Blendenausschnitts 20a, verläuft jedoch in unmittelbarer Nähe des Randes des Blendenausschnitts und folgt dessen Verlauf. Wie dargestellt, ist die Anode 25 auch innerhalb des Gaseinlasses 21 angeordnet. Die Anode 25 ist über eine

- 17 -

Leitung 26 mit einer Gleichspannungsquelle 27 verbunden, deren Gegenpol gleichfalls an Masse 10 gelegt ist. Die Gleichspannungsquelle 27 hat eine zwischen +20 Volt und +100 Volt regelbare Ausgangs-  
5 spannung.

Durch die Anordnung des zweiten Gaseinlasses 21 in dem Raum zwischen der Blende 20 und der Öffnung 14c ist die Anode 25 naturgemäß dem Reaktionsgas ausgesetzt. Durch die besondere Polung der Anode 25 wird  
10 die ansonsten nur im Raum zwischen dem Target 5 und der Blende 20 brennende Glimmentladung durch den Blendenausschnitt 20a bis zur Anode 25 gezogen, was anhand von Lichterscheinungen deutlich sichtbar ist. Je höher die Anodenspannung positiv gegenüber Masse  
15 eingestellt wird, um so stärker ist dieser Effekt. Es konnte beobachtet werden, daß auf diese Weise mindestens 80 % des Entladungsstroms über die Anode fließen. Dies hat eine starke Aktivierung des  
20 chemische Umsetzung zwischen dem Reaktionsgas und den vom Target 5 abgestäubten Metallpartikeln erfolgt, so daß auf dem Substrat 11 durchoxidierte Schichten abgeschieden werden, ausreichende Zufuhr von Sauerstoff vorausgesetzt.

25 In Figur 1 ist ein rotationssymmetrisches System dargestellt, d.h. sowohl das Gehäuse 14 als auch die in

ihm angeordneten bzw. hineinragenden Teile sind als Rotationskörper ausgebildet, von den Gasleitungen 17 und 22 und der elektrischen Leitung 26 einmal abgesehen.

- 5 Das Bauprinzip läßt sich jedoch ohne weiteres auch auf Rechteckkatoden übertragen, was anhand von Figur 2 näher erläutert werden soll:

Figur 2 zeigt auch hier den Targetrand. Sofern das Target 5 im Randbereich von einem Rahmen gehalten wird, der die Targetoberfläche 5a um ein geringes Maß übergreift, ist der Targetrand 5b der Rand der freien, d.h. sichtbaren Targetoberfläche. Der Targetrand 5b kennzeichnet die Lage der Projektionslinien 13, die in Figur 2 senkrecht zur Zeichenebene verlaufen.

10 Innerhalb des Targetrandes 5b ist der in den Raumquerschnitt "Q" hineinragende Teil der Blende 20 mit dem Blendenausschnitt 20a dargestellt. Die Querschnittsfläche des Blendenausschnitts ist schraffiert. Der Blendenausschnitt hat deutlich die Form eines

15 Rechtecks mit einer längsten Achse. Rechtwinklig zu dieser längsten Achse wird das Substrat 11 (eine Folie oder Glasscheibe) in Richtung eines Pfeils 28 bewegt, der auch in Figur 1 eingezeichnet ist, da der Querschnitt der Anordnung gemäß Figur 1 auch für eine Rechteckkatode nach Figur 2 gilt. Auch hierbei gilt, daß

20 durch die Blende 20 eine Strömungsverengung herbeigeführt wird, die mindestens 40 % des Raumquerschnitts

beträgt. Bei einer Rechteckkatode sind jedoch die geometrischen Verhältnisse in Transportrichtung des Substrats maßgebend.

In Figur 2 ist die Querabmessung des Blendenausschnitts 20a mit "d" bezeichnet. Der Raumquerschnitt, dessen Querabmessung in der gleichen Richtung mit "D" bezeichnet ist, ist also auf beiden Seiten um je das Maß "x" größer. Senkrecht hierzu ist der Raumquerschnitt durch die Breitenabmessungen "B" bestimmt. Man geht nunmehr zur Festlegung der zur Transportrichtung parallelen Ränder des Blendenausschnitts 20a so vor, daß man von den entsprechenden Targeträndern 5b gleichfalls auf jeder Seite um das Maß "x" einwärts geht. Auf die angegebene Weise tritt  
15  
10  
15  
alsdann die gewünschte Strömungsverengung ein, ohne daß ein übermäßig großer Teil der Länge der Rechteckkatode (quer zur Transportrichtung) verloren geht. Der Bereich für die zweckmäßige Dimensionierung der einzelnen Größen ist in Anspruch 7 angegeben.

20 Beispiele :

In einer Katodenzerstäubungsanlage des Typs A 550 VZK (Hersteller: Firma Leybold-Heraeus GmbH in Hanau, Bundesrepublik Deutschland) mit einer Katodenanordnung gemäß Figur 1 vom Typ PK 75 wurden nacheinander  
25  
metallische Targets 5 aus Aluminium und Tantal sowie ein heißgepreßtes Target aus leitfähigem Silizium zer-

stäubt, wobei über den ersten Gaseinlaß 16 Argon und über den zweiten Gaseinlaß 21 Sauerstoff zugeführt wurde. Die Zerstäubungsdaten sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Der Durchmesser der wirksamen Targetoberfläche 5a betrug 75 mm, der Durchmesser des Blendenausschnitts 20a betrug in allen Fällen 37 mm. Dieser Durchmesser wurde aufgrund der weiter oben genannten Untersuchungen durch Optimierung gefunden. Der Abstand "a" betrug 20 mm, der Abstand "b" 60 mm. Als Substrate 11 dienten Glasplatten mit den Abmessungen 5cm x 5cm (sogenannte Diagläser), die sowohl statisch als auch dynamisch (unter Ausführung einer Relativbewegung) beschichtet wurden.

Es konnte beobachtet werden, daß am Target auch über lange Zeit in etwa die gleichen hohen Zerstäubungsraten wie in einer reinen Argonatmosphäre erreicht wurden, während sich auf den Substraten absorptionsfreie Oxide mit entsprechend hohen Raten niederschlugen. Die betreffenden Aufstäubraten sind ebenfalls in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

Tabelle:

Oxid	$Al_2O_3$	$Ta_2O_5$	$SiO_2$
Targetmaterial	Al	Ta	Si
Katodenspannung (V)	- 412	- 580	- 460
Katodenstrom (A)	1,3	1	0,9
Leistungsdichte (Watt/cm <sup>2</sup> )	12	13,2	9,4
Anodenspannung (V)	+ 40	+ 40	+ 40
Anodenstrom (A)	1,3	1	0,9
Sauerstofffluß (sccm/min)	3,2	7,8	2,7
Argondruck (mbar)	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$
Sputterdruck. (mbar)	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$
Aufstäubrate (nm/s)	3,6	5,4	2,4

Der vorstehenden Tabelle ist zunächst zu entnehmen, daß in allen Fällen der Anodenstrom mit dem Katodenstrom übereinstimmt, d.h. bei der gewählten Anodenspannung von +40 Volt gegenüber Masse, fließt der gesamte Entladungsstrom über die Anode.

Vergleichsversuche, die zuvor ohne positive Vorspannung der Anode durchgeführt wurden, führten zu einem um etwa 15 bis 20 % höheren Sauerstoffverbrauch, um eine etwa gleiche Durchoxidation der Schichten zu erreichen. Dies läßt eindeutig auf eine sehr wesentliche Aktivierung des Sauerstoffs durch die positive Anodenvorspannung schliessen.

Speziell am Beispiel von  $Al_2O_3$  wird deutlich, daß das erfindungsgemäße Verfahren hohe Aufstäubraten erlaubt, da vom Target in etwa mit der Rate des metallischen Targets abgestäubt werden kann, während sich am Substrat dennoch das vollständige Oxid bildet. Nach den bisher üblichen reaktiven Oxidationsverfahren konnte für  $Al_2O_3$  bei gleicher Leistungsdichte nur eine Aufstäubrate von etwa 0,3 bis 0,4 nm/sec erreicht werden.

Unter "Anode" wird im Vorstehenden eine Elektrode verstanden, die auf ein gegenüber Masse definiertes positives Potential gelegt und infolgedessen gegenüber Masse isoliert ist und bevorzugt als Elektronenfänger bei gleichzeitiger definierter Nachbeschleunigung der Elektronen dient. Die zusätzliche Beschleunigungsspannung ist die Potentialdifferenz zwischen Masse und Anode.

3331707

83517

- 23 -

Den nicht von der speziellen Anode aufgenommenen  
Katodenstrom nimmt alsdann die auf Massepotential  
liegende Vakuumkammer mit ihren Einbauten auf, die  
gegenüber Masse, relativ gesehen, gleichfalls als  
5. Anode anzusehen ist.

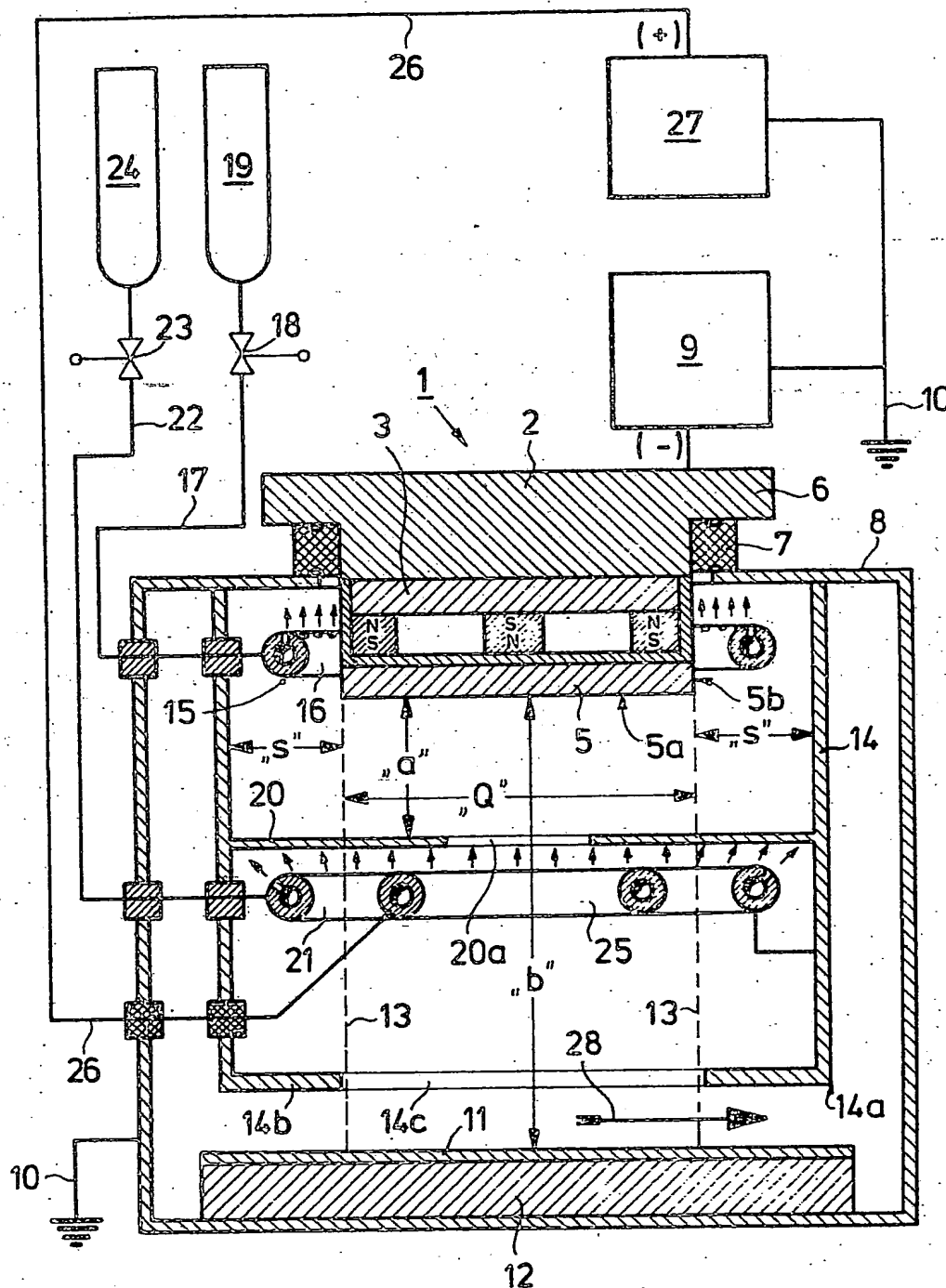


FIG. 1

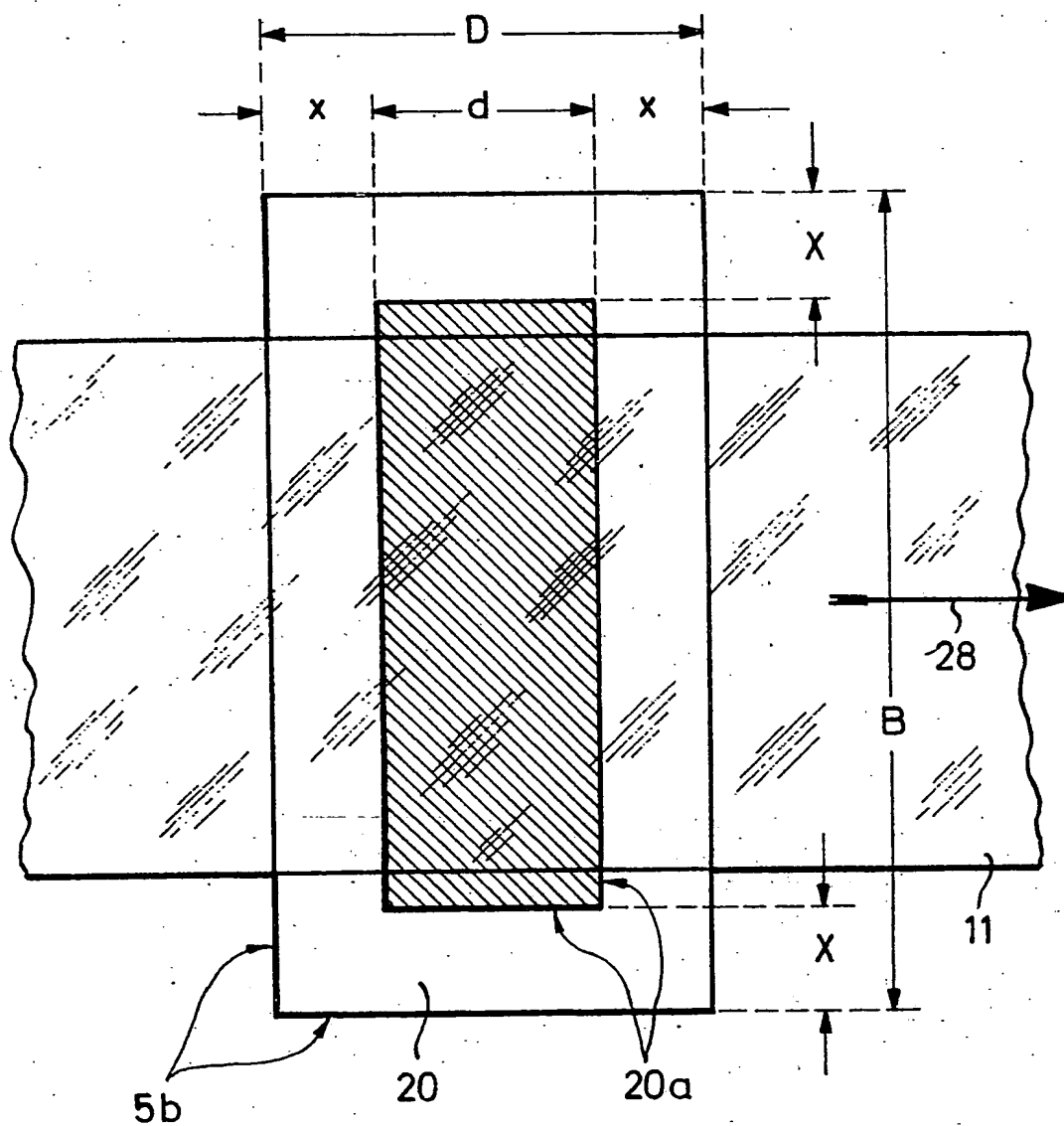


FIG. 2